

BAB VI

STRUKTUR RANGKA GEDUNG TINGGI

6.1 Tinjauan Pustaka

Perkembangan bangunan gedung, di dorong oleh pertumbuhan populasi dan keterbatasan lahan yang membuat konstruksi vertikal semakin diperlukan. Bangunan gedung, baik komersial, perkantoran, maupun hunian, dirancang untuk memenuhi kebutuhan ruang yang lebih banyak dan lebih efisien di area yang terbatas. Seiring dengan kebutuhan ini, teknologi dan sistem struktur bangunan menjadi aspek yang sangat penting dalam memastikan bahwa gedung-gedung yang dirancang aman, efisien, dan tahan lama. Struktur bangunan pada gedung berfungsi sebagai kerangka yang mendistribusikan beban dan menjaga stabilitas bangunan. Pada gedung bertingkat rendah, struktur bangunan lebih sederhana dan umumnya hanya perlu menahan beban vertikal dari berat bangunan dan aktivitas penghuni. Namun, pada gedung bertingkat tinggi atau pencakar langit, struktur bangunan harus dirancang untuk mengatasi beban yang lebih kompleks, termasuk beban angin, gempa, serta beban yang dihasilkan dari pengaruh cuaca.

Bangunan bertingkat tinggi, atau pencakar langit, adalah bangunan dengan jumlah lantai yang banyak dan biasanya digunakan untuk keperluan komersial, perkantoran, atau hunian. Struktur rangka pada bangunan bertingkat tinggi dirancang untuk memaksimalkan kestabilan dan kekakuan dengan menggunakan sistem kolom dan balok (Siti Datri Cahyati et al. 2024). Kolom menahan beban vertikal sementara balok dan sambungan antar elemen membantu menahan gaya lateral. Penggunaan beton bertulang dan baja sebagai material utama dalam rangka ini membuat bangunan lebih stabil terhadap beban angin dan gempa. Seiring dengan pertumbuhan penduduk di perkotaan dan kebutuhan akan ruang yang semakin meningkat, bangunan tinggi menjadi solusi efektif untuk memaksimalkan penggunaan lahan yang terbatas. Untuk itu, diperlukan struktur yang mampu menopang bangunan tinggi secara efisien, aman, dan tahan terhadap berbagai beban seperti gravitasi, angin, dan gempa. Bangunan tinggi modern semakin mempertimbangkan aspek keberlanjutan. Penggunaan material ramah lingkungan dan desain yang efisien energi kini menjadi prioritas untuk mengurangi dampak lingkungan dari konstruksi bangunan tinggi.

Teknologi dalam konstruksi gedung tinggi terus berkembang, dengan material seperti baja dan beton bertulang yang digunakan untuk menciptakan struktur rangka yang kuat. Pentingnya teknologi konstruksi dan inovasi material dalam meningkatkan efisiensi pembangunan gedung tinggi. Material seperti baja high-strength dan beton high-performance memungkinkan pembuatan struktur yang lebih ringan namun kuat, memudahkan konstruksi yang lebih cepat, efisien, dan ekonomis. Gedung-gedung tinggi ini memerlukan perencanaan yang matang dalam aspek struktural, khususnya dalam penanganan beban lateral (seperti angin dan gempa) dan beban vertikal (beban mati dan beban

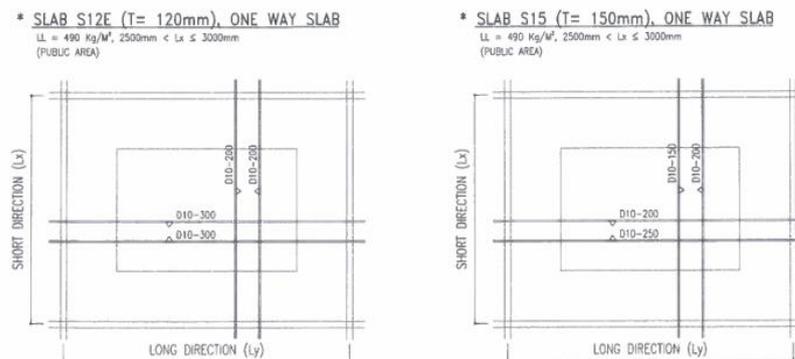
hidup). Selain itu, struktur rangka bangunan bertingkat tinggi memiliki keunggulan dalam fleksibilitas desain, kekuatan, dan kecepatan konstruksi. Penelitian terhadap sistem struktur yang efisien dan berdaya tahan tinggi menjadi semakin penting dalam pembangunan gedung tinggi.

6.2 Plat Lantai

Sistem plat merupakan salah satu bagian struktur bidang (permukaan) datar yang berfungsi sebagai penerima beban di bangunan, plat akan menyalurkan beban ke tanah melalui balok, kolom, dan pondasi. Menurut (Ir. Ali Asroni 2017) yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Plat dapat ditumpu di seluruh tepinya atau hanya pada titik tertentu seperti ditumpu oleh kolom-kolom, atau kombinasi antara tumpuan menerus dan titik. Pelat lantai beton bertulang umumnya dicor ditempat, bersama-sama balok penumpu. Dengan demikian akan diperoleh hubungan yang kuat yang menjadi satu kesatuan. Pada pelat lantai beton dipasang tulangan baja pada kedua arah, tulangan silang, untuk menahan momen tarik dan lenturan. Perencanaan dan hitungan pelatlantai dari beton bertulang harus mengikuti persyaratan yang tercantum dalam buku SNI Beton 1991.

6.2.1 Plat Satu Arah

Pelat satu arah adalah pelat yang panjangnya duakali atau lebih besar dari pada lebarnya, maka hampir semua beban lantaimenuju ke balok-balok dan sebagian kecil saja yang akan menyakur secaralangsung ke gelagar. Kondisi pelat ini dapat direncanakan sebagai pelat satu arah dengan tulangan utama sejajar dengan gelagar atau sisi pendek dan tulgansusut atau suhu sejajar dengan balok-balok atau sisi panjangnya. Permukaan yang melendut dari sistem pelat satu arah mempunyai kelengkungan tunggal. Sistem pelat satu arah dapat terjadi pada pelat tunggal maupun menerus, asal perbandingan panjang bentang kedua sisi memenuhi.

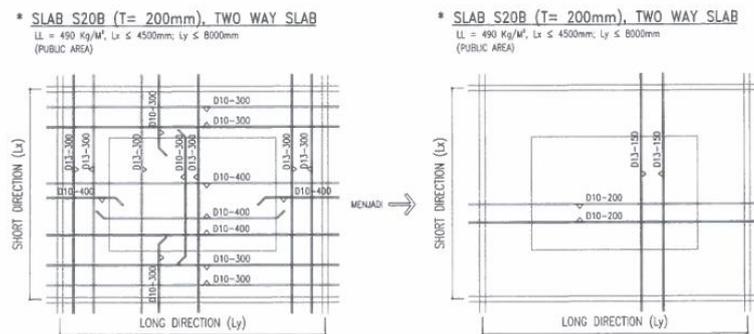


(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.1 Gambar Penulangan Plat Satu Arah

6.2.2 Plat Dua Arah

Sistem pelat dua arah dapat terjadi pada pelat tunggal maupun menerus, asal perbandingan panjang bentang kedua sisi memenuhi. Persyaratan jenis pelat lantai dua arah jika perbandingan dari bentang panjang terhadap bentang pendek kurang dari dua. Beban pelat lantai pada jenis ini disalurkan keempat sisi pelat atau ke empat balok pendukung, akibatnya tulangan utama pelat diperlukan pada kedua arah sisi pelat. Permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda. Perencanaan pelat dua arah umumnya didasarkan pada koefisien momen empiris, di mana meskipun koefisien ini tidak memprediksi variasi tegangan secara akurat, namun menghasilkan pelat dengan keseluruhan faktor keamanan yang memadai.



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.2 Gambar Penulangan Plat Dua Arah



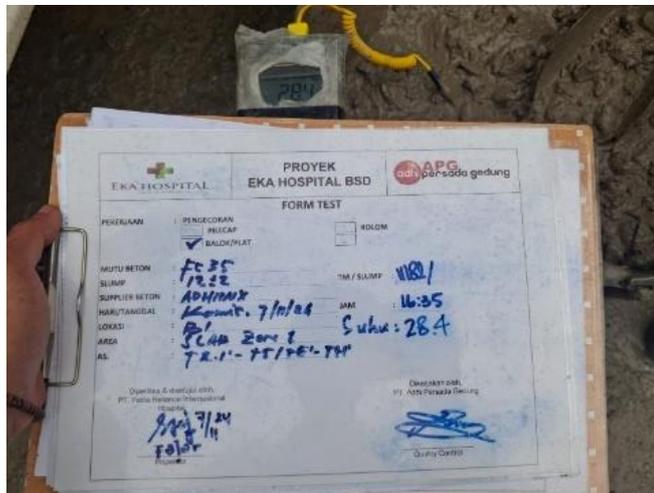
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.3 Gambar Pemasangan Bekisting Plat lantai



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.4 Gambar Penlangan Plat Lantai



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.5 Gambar *Slump Test* Plat Lantai

6.3 Pekerjaan Balok

Balok adalah elemen struktur horizontal yang berfungsi untuk menahan beban dari lantai atau atap dan mendistribusikannya ke kolom. Balok dirancang untuk menerima gaya tekan maupun tarik serta mencegah terjadinya lentur atau deformasi di bawah beban.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.8 Gambar Pembesian Balok

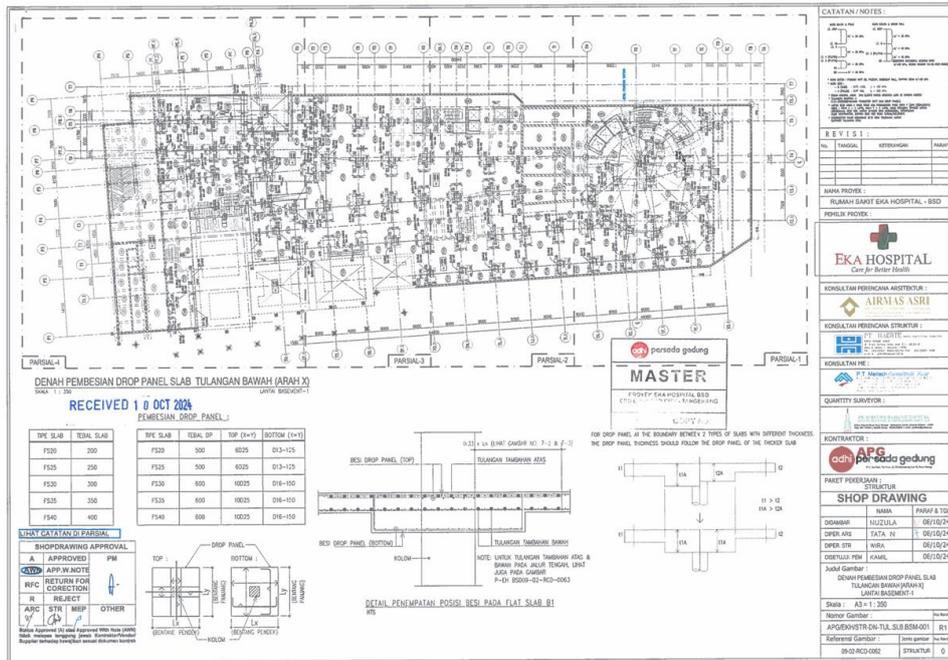


(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.9 Gambar Slump Test Balok

6.4 Pekerjaan Drop Panel

Drop Panel adalah penambahan tebal plat di daerah sekitar kolom yang digunakan pada model struktur flat slab yang berfungsi meningkatkan ketahanan pelat memikul geser pons (*punching shear*) dan momen negatif yang terjadi antara pelat dan kolom.



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.10 Gambar Denah Drop Panel



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.11 Gambar Pemasangan Bekisting Drop Panel



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.12 Gambar Aktual Detail Pembesian Drop Panel

6.4.1 Pekerjaan Persiapan Drop Panel, Balok dan Plat Lantai

Pekerjaan persiapan balok, plat lantai, dan drop panel meliputi beberapa tahap yang harus disiapkan sebelum pemasangan bekisting, pemasangan pembesian, pekerjaan pengecoran, hingga pekerjaan perawatan. Pekerjaan persiapan meliputi pembuatan gambar, penentuan as balok dan plat lantai, dan fabrikasi tulangan yang dibutuhkan sesuai ukuran pada gambar teknik. Pekerjaan persiapan dilakukan berdasarkan persetujuan antar pihak pemilik proyek dan kontraktor. Apabila semua persiapan sudah sesuai standar, maka dapat dilakukan ke pekerjaan selanjutnya. Adapun tahap pekerjaan persiapan balok, plat lantai, dan drop panel sebagai berikut:

a. Pembuatan *Shop Drawing* Balok, Plat Lantai, dan Drop Panel

Pembuatan *shop drawing* dilakukan oleh divisi *engineering* dari kontraktor pelaksana. *Shop drawing* digambar berdasarkan acuan gambar *for construction* atau gambar kontrak yang telah dibuat oleh konsultan perencana. Pembuatan *shop drawing* ini berfungsi untuk mempermudah tenaga kerja proyek dalam mencari jenis balok, drop panel, dan melihat tulangan slab/plat lantai berdasarkan denah *shop drawing*, pengecekan detail tulangan balok dan detail tulangan plat lantai, hingga mengetahui rencana biaya yang akan dikeluarkan oleh proyek.

b. Fabrikasi Besi Tulangan Balok, Plat Lantai, dan Drop Panel

Pada proyek Rumah Sakit Eka Hospital BSD Tangerang, digunakan berbagai tipe balok yang berbeda dimensi dan ukuran besi tulangan. Besi tulangan balok diukur dan dibentuk sesuai gambar *shop drawing*. Besi tulangan dipotong sesuai ukuran menggunakan *rebar cutter* dan ditekuk menggunakan *rebar bender* di area fabrikasi.

Pada besi drop panel, dibutuhkan penjangkaran besi lapis atas dan lapis bawah. Penjangkaran tersebut ditekuk di area fabrikasi menggunakan rebar bender. Hal ini juga berlaku juga pada besi slab atau plat lantai. Besi yang difabrikasi untuk plat lantai yaitu untuk besi kaki ayam atau spacer dan penjangkaran tulangan plat lantai.

c. **Persiapan Panel Bekisting Balok, Plat Lantai, dan Drop Panel**

Panel bekisting pada struktur ini diukur dimensinya setelah penentuan titik As letak balok dan drop panel oleh *surveyor*. Pengecekan elevasi juga ditentukan untuk meletakkan posisi bekisting plat lantai, drop panel, dan kolom berdasarkan *shop drawing*.

Panel bekisting yang digunakan untuk rangkaian struktur ini terbuat dari kayu polyfilm dengan tebal 15 mm. Adapun bahan persiapan lainnya seperti *scaffolding*, besi hollow, hollow bodeman, besi waller, dan polyfilm 15 mm. Pembuatan bekisting balok dan plat lantai disusun sebelum pembesian balok dan plat lantai dilakukan.

6.4.2 Pekerjaan Bekisting Plat Lantai, Balok dan Drop Panel

Pekerjaan bekisting struktur ini memiliki berbagai ukuran sesuai dengan balok, drop panel, dan plat lantai yang akan dicor. Tahapan pemasangan bekisting balok, drop panel, dan plat lantai dijelaskan sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan bagian-bagian penyangga *scaffolding*. Bagian tersebut meliputi adjustable jack base, ringlock standar (vertikal dan horizontal), dan adjustable u head jack. Bagian *scaffolding* diangkat dari area fabrikasi menuju ke area lapangan menggunakan tower crane.
- b. Pemasangan adjustable jack base sebagai kaki penopang *scaffolding* untuk memudahkan pengaturan jarak dan ketinggian standar. Setelah pengaturan adjustable jack base, dipasang standar arah horizontal dan vertikal sesuai dengan ukuran tinggi dan lebar plat lantai. Standar dikaitkan antar satu sama lain menggunakan ringlock yang terdapat di kedua sisinya.
- c. Melakukan pemasangan u head jack pada puncak standar sebagai penahan besi hollow gelagar. Dilanjutkan pemasangan hollow gelagar sesuai kebutuhan. Hollow gelagar berfungsi sebagai penopang hollow bodeman.
- d. Menyusun hollow bodeman yang berfungsi untuk menopang polyfim bekisting plat lantai dan balok.
- e. Bekisting balok, drop panel, dan plat lantai mulai disusun sesuai dimensi struktur dan elevasi. Bekisting yang digunakan berukuran tebal 15 mm yang terbuat dari kayu polyfilm. Lakukan penyambungan antar polyfim menggunakan lakban dan paku .
- f. Lanjutkan pemasangan untuk bekisting balok dan drop panel yang pertama berupa tembereng. Tembereng merupakan bagian dari bekisting balok atau drop panel yang akan menjadi dinding

balok dan drop panel. Tembereng dipasang satu sisi terlebih dahulu, untuk memudahkan pengukuran dimensi balok dan drop panel melalui bekisting.

- g. Lakukan pemasangan pada bekisting di kepala kolom. Bekisting diberi perkuatan berupa besi waller, wing nut, dan tie rod untuk pengencang bekisting.
- h. Melapisi bekisting dengan mould oil (*release agent*) untuk mempermudah pelepasan bekisting dan agar beton tidak menempel pada bekisting.

6.4.3 Pekerjaan pembesian Plat Lantai, Balok dan Drop Panel

Pada pemasangan besi tulangan balok, drop panel, dan plat lantai dibutuhkan pemahaman terhadap gambar kerja untuk memasang besi tulangan yang sesuai dengan rencana. Pemasangan pembesian dilakukan oleh *supervisor*, mandor, dan tenaga kerja sesuai dengan pembagian zona. Pembesian pada balok, drop panel, dan plat lantai dilakukan setelah pemasangan bekisting selesai. Tahapan pekerjaan pembesian balok, drop panel, dan plat lantai dijelaskan sebagai berikut:

- a. Melakukan pemasangan tulangan utama, tulangan sengkang, ties tulangan untuk struktur balok yang sesuai dengan gambar rencana. Pada pelaksanaan magang, dilakukan pengamatan pada balok tipe G66 (600x600) Balok ini memiliki tulangan utama dengan besi diameter D22 dan tulangan sengkang dengan ukuran D10-125 untuk area tumpuan kiri dan D10-150 untuk area lapangan, dilanjutkan area tumpuan kanan dengan ukuran yang sama dengan tumpuan kiri. Sedangkan, pada ties tulangan dipasang terakhir dan digunakan ukuran D10-150. Rangkaian tulangan ini diikat menggunakan kawat bendrat agar tidak mengalami pergeseran saat pengecoran.
- b. Melakukan pemasangan pembesian drop panel. Pada drop panel terdapat 2 lapis pembesian. Pemasangan pertama dilakukan pada lapis bawah, pada hook atau penjangkaran besi sudah dilakukan di area fabrikasi. Selanjutnya pemasangan besi tulangan lapis atas yang setara dengan pembesian plat lantai.
- c. Setelah pemasangan pembesian balok dan bekisting, dilakukan pemasangan beton decking untuk memberikan selimut beton bagi struktur tulangan. Beton decking yang digunakan berukuran tinggi 3 cm dan lebar berdiameter 6 cm.
- d. Melakukan pengecekan tulangan balok dan drop panel oleh *quality control* sebagai pengendalian mutu dan spesifikasi tulangan yang digunakan.
- e. Mempersiapkan besi tulangan untuk pekerjaan slab/plat lantai. Dilanjutkan pemasangan tulangan utama lapis bawah slab/plat lantai dan tulangan extra plat lantai/slab arah x dan y. Antar tulangan diikat menggunakan kawat bendrat.

- f. Pemasangan kaki ayam atau spacer untuk pemberi jarak tulangan lapis bawah sebelum dipasang tulangan lapis atas. Spacer yang digunakan plat lantai menggunakan diameter besi D10-120 dari segala sisi. Tinggi spacer tulangan yang digunakan pada plat lantai berukuran D13 dengan ketinggian sesuai dengan kebutuhan di lapangan, Antar spacer dipasang pada besi lapis bawah dengan jarak 1,2 m.
- g. Memasang beton decking pada lapisan bawah plat lantai untuk memberikan tebal selimut beton plat. Beton decking yang digunakan pada plat lantai menggunakan tebal 3 cm dengan lebar diameter 6 cm. Pemasangan beton decking sejajar dengan spacer tulangan, dipasang dengan jarak 1,2 m.
- h. Melakukan pemasangan tulangan utama dan tulangan extra lapis atas untuk arah x dan y. Tulangan utama dan extra diikat menggunakan kawat bendrat dan dikaitkan juga ke spacer tulangan.
- i. Melakukan pemasangan kawat ayam untuk stop cor pada balok dan plat lantai. Kawat ayam dipasang pada plat lantai setiap 1/3 bentang dari as kolom. Hal ini berfungsi agar proses pengecoran antar bagian memiliki volume beton yang sama.
- j. Setelah semua pekerjaan pembesian diselesaikan, selanjutnya dilakukan pengecekan mutu dan spesifikasi pembesian dan elevasi bekisting oleh *quality control*.

6.4.4 Pekerjaan Pengecoran Plat Lantai, Balok, dan Drop Panel

Pekerjaan Pembongkaran Bekisting Balok, Drop Panel, dan Plat Lantai

Pada Proyek Rumah Sakit Eka Hospital BSD Tangerang, bekisting dibongkar pada saat umur beton minimal mencapai 14 hari. Pada waktu ini dinilai beton sudah memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang beban sendiri di atasnya. Adapun tahapan pembongkaran bekisting sebagai berikut:

- a. Melakukan pengenduran scaffolding dengan memutar ringlock u head jack.
- b. Dilanjutkan pembongkaran besi hollow alumina dan besi bodeman.
- c. Melepas bekisting plywood. Pada beberapa bagian seperti bekisting balok, bekisting plat antar balok dilepas pada saat umur beton mencapai hari ke-28 (reshoring).

6.5 Pekerjaan Kolom

Kolom adalah elemen struktur vertikal yang berfungsi sebagai penopang utama bangunan, menyalurkan beban dari balok dan lantai ke pondasi di bawahnya. Kolom dirancang untuk menahan gaya tekan aksial yang signifikan, sehingga kestabilan dan kekuatannya sangat penting untuk kelangsungan struktur bangunan.

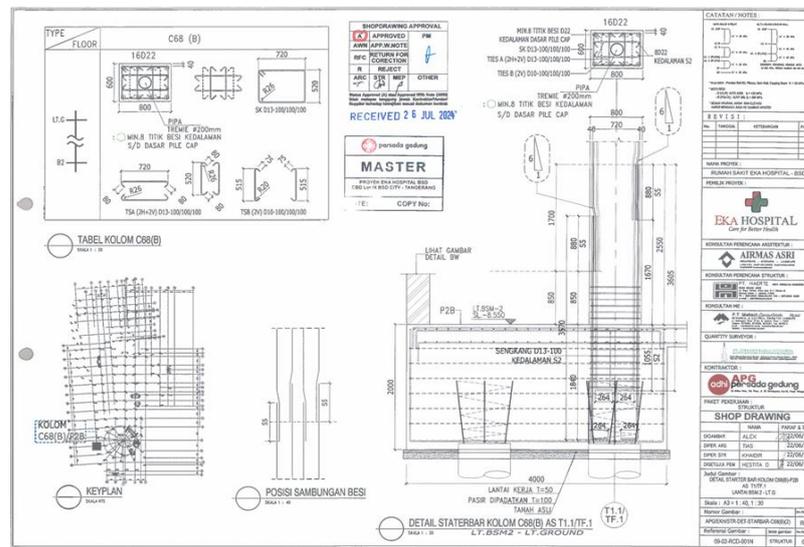
Pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital BSD Tangerang, Pada proyek pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital di BSD Tangerang, kolom-kolom yang digunakan memiliki berbagai dimensi dan tipe, yang disesuaikan dengan perhitungan dari konsultan perencana. Variasi dimensi kolom ini dipengaruhi oleh beban yang diterima masing-masing kolom, yang berbeda tergantung fungsi ruangan di atasnya. Tahap pekerjaan kolom dimulai dari tahap persiapan, pembesian, bekisting, dan pekerjaan pengecoran.

6.5.1 Pekerjaan Persiapan Kolom

Pekerjaan persiapan kolom meliputi beberapa tahap penting untuk memastikan kolom dapat dipasang dengan tepat dan kuat. Berikut langkah-langkah persiapan kolom :

a. Pembuatan *Shop Drawing*

Pembuatan *shop drawing* merupakan tahapan yang penting dalam proses konstruksi untuk memastikan kolom dibuat sesuai dengan desain dan perhitungan yang telah di rencanakan. Pembuatan *shop drawing* dikerjakan oleh divisi *engineering* dari kontraktor pelaksana. *Shop drawing* digambar mengacu pada gambar *for construction* atau gambar kontrak yang telah dibuat oleh konsultan perencana. Gambar *shop drawing* meliputi detail dimensi kolom, detail penulangan (*rebar*) yang terdiri dari tulangan longitudinal (utama) dan tulangan transversal (sengkang atau *stirrup*), detail cakupan beton, penjelasan sambungan (*splice*) dan overlap, notasi dan keterangan spesifikasi, potongan, denah penempatan kolom atau lokasi kolom, keterangan dan panduan pelaksanaan dan tanda verifikasi dan tanggal pembuatan.



(Sumber : Dokument Proyek)

Gambar 6.13 Gambar *Shop Drawing*

b. Fabrikasi Besi Tulangan

Pekerjaan Fabrikasi besi kolom adalah proses penyiapan dan perakitan besi tulangan yang akan digunakan untuk kolom struktur. Proses persiapan besi tulangan dilakukan pada area fabrikasi yang meliputi pekerjaan pemotongan besi tulangan menggunakan alat *rebar cutter* dan pekerjaan untuk membengkokkan atau melengkungkan besi tulangan (*rebar*) sesuai dengan sudut dan bentuk yang dibutuhkan dalam konstruksitekukan menggunakan *rebar bender*. Semua pekerjaan yang di lakukan pada area fabrikasi di ukur dan di bentuk sesuai gambar *shop drawing*.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.14 Gambar Alat *Rebar Bender*

6.5.2 Pekerjaan Pembesian Kolom

Pada pemasangan besi tulangan kolom, dibutuhkan pemahaman terhadap gambar kerja untuk pemasang besi tulangan yang sesuai dengan rencana. Pemasangan pembesian dilakukan oleh *supervisor*, mandor, dan tenaga kerja sesuai dengan pembagian zona. Berikut tahapan pekerjaan pembesian kolom :

- a. Persiapan gambar detail kolom berdasarkan *shop drawing* yang telah di setujui oleh *Project Manager* dan *Owner*
- b. Penyesuaian detail pembesian kolom yang meliputi mutu besi tulangan, diameter besi tulangan, panjang hook, panjang besi tulanga, overlap dan jarak antar tulangan. Pembesian harus lurus dan rapi dan harus terikat utuh. Pada Proyek Rumah Sakit Eka Hospital BSD Tangerang, digunakan besi tulangan kolom dengan diameter D32, D29, D25, D22 untuk tulangan longitudinal atau tulangan utama, D16 untuk tulangan transversal atau tulangan sengkang, dan D13, D10 untuk tulangan ties.
- c. Pemasangan besi tulangan dilakukan dengan 2 cara. Cara pertama yaitu pemasangan onsite, staterbar kolom, sengkang dan ties dipasang secara langsung di lapangan. Sedangkan cara yang

kedua dilakukan pada area fabrikasi. Besi tuangan dikaitkan menggunakan kawat bendrat agar tidak mengalami pergeseran ketika pengecoran.

- d. Pemasangan sambungan kolom, pembesian *pre-fabrikasi* kolom di angkat dan dipindahkan menggunakan alat *Tower Crane*, kemudian di sambungkan ke kolom yang sesuai dengan lokasi kolom pada gambar.
- e. Pemasangan antar *overlapping* sambungan kolom utama dengan starterbar kolom menggunakan kawat bendrat dan diikat dengan tulangan stek perkuatan.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.15 Gambar Pembesian Kolom

6.5.3 Pekerjaan Bekisting Kolom

Pekerjaan pembuatan dan pemasangan bekisting kolom mengacu pada gambar *shop drawing* yang telah di setujui. Tahap pekerjaan bekisting kolom :

- a. Pemasangan marking dan sepatu kolom pada keempat sisi kolom mengikuti marking yang telah di buat. Diameter besi yang digunakan untuk sepatu kolom D10. Pekerjaan sepatu kolom dilas pada tulangan utama dan di sambung pada plat besi yang di bor pada plat lantai. Pemasangan sepatu kolom berfungsi untuk menjaga kualitas, presisi dan stabilitas kolom.
- b. Pemasangan beton decing dengan ketebalan sesuai spesifikasi. Berfungsi untuk menjaga jarak antara besi tulangan dan bekisting agar tercapai ketebalan lapisan pelindung beton yang di inginkan dan juga melindungi tulangan dari korosi serta memastikan kekuatan dan ketahanan struktur.
- c. Pembersihan lokasi kolom, dilakukan menggunakan alat *air compressor* untuk memastikan area di sekitar kolom bersih dan siap untuk pengecoran. Penggunaan alat *compressor* udara membantu menghilangkan debu, kotoran, dan material lain yang dapat mempengaruhi kualitas sambungan antara kolom dan beton.

- d. Pemasang bekisting kolom, ketebalan bekisting yang digunakan pada kolom 18 cm. proses perakitan bekisting kolom dilakukan pada area fabrikasi sesuai dengan kebutuhan yang ada di lapangan. Bekisting yang sudah di rakit di area fabrikasi di angkat menggunakan *tower crane* pada area kolom yang akan dipasang bekisting. Bersihkan permukaan dalam bekisting dari debu, kotoran atau minyak yang dapat mempengaruhi kualitas permukaan beton. Sebelum menutup kolom dengan bekisting pastikan bekisting dilumuri dengan minyak agar beton tidak menempel pada bekisting.
- e. Pemasangan stek besi, berfungsi sebagai pengikat antara bekisting dan element struktur, memastikan stabilitas dan kekuatan saat pengecoran berlangsung. Pemasangan stek besi disesuaikan dengan kebutuhan struktur dan spesifikasi desain. Pastikan stek berada pada posisi yang tepat, sesuai dengan desain yang telah ditentukan, gunakan alat ukur untuk memastikan kedudukan.
- f. Pasang unting-unting, adalah elemen tulangan transversal yang dipasang di sekitar tulangan utama kolom untuk menjaga posisi dan kekuatan kolom, serta meningkatkan ketahanan terhadap gaya geser dan momen. Tahap pertama pemasangan unting-unting yaitu dengan mempersiapkan besi unting-unting sesuai dengan panjang yang dibutuhkan, disesuaikan dengan tinggi kolom dan tulangan utama. Unting-unting dipasang secara horizontal di antara tulangan utama kolom, pastikan pemasangannya merata dan sejajar. Pastikan unting-unting terikat kuat pada tulangan utama untuk menahan unting-unting tidak bergeser pada saat pengecoran.
- g. Cek *verticality* bekisting, adalah langkah penting dalam proses konstruksi untuk memastikan bahwa kolom terpasang secara vertikal dan sesuai dengan spesifikasi desain. *Verticality* yang baik sangat penting untuk stabilitas dan kekuatan struktur. pengecekan *verticality* bekisting kolom menggunakan alat waterpas. Pada pengecekan horizontal, disesuaikan dengan garis pinjaman yang telah dimarking. Jarak antara bekisting dengan garis pinjaman sepanjang 50 cm.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.16 Gambar Pemasangan Bekisting Kolom

6.5.4 Pekerjaan pengecoran Kolom

Pekerjaan pengecoran kolom beton memiliki spesifikasi yang harus di laksanakan sesuai dengan Rencana Kerja dan Syarat- Syarat (RKS). Pada pengecoran kolom, mutu beton yang digunakan $f'c$ 40 Mpa dengan uji slump harus berdasarkan ASTM C 143, PBI-1971. Berikut tahap pekerjaan pengecoran kolom :

- a. Sebelum dilakukan pengecoran, kolom yang akan di cor harus dilakukan pengecekan. Pengecekan yang dilakukan meliputi pengecekan tulangan dan pengecekan bekisting untuk memastikan semua element terpasang sesuai gambar rencana agar tidak membahayakan konstruksi serta menghindari kerusakan beton.
- b. Memastikan batas pengecoran, perencanaan pengecoran termaksud jadwal, volume beton yang diperlukan dan spesifikasi campuran beton.
- c. Persiapan peralatan pengecoran kolom berupa truck mixer, bucket cor, alat uji slump test, pipa tremie dan vibrator.
- d. Menyiapkan beton ready mix dan batching plant lalu menguji kekuatan beton dengan metode uji slump test. Nilai slump test yang harus dipenuhi sebesar 12 ± 2 cm.
- e. Beton yang telah melewati pengujian slump, jika beton tidak memenuhi spesifikasi maka beton akan dipulangkan sedangkan jika beton sudah memenuhi spesifikasi maka di lanjutkan untuk tahap selanjutnya.
- f. Beton yang lulus uji, di tuangkan kedalam bucket cor. Daya tampung bacet cor sebesar $0,8 \text{ m}^3$. Setelah bucket terisi penuh, di angkat menggunakan tower crane ke lokasi kolom yang akan di cor.
- g. Penyaluran beton dari bucet disalurkan menggunakan pipa tremie yang dimasukkan ke dalam kolom melalui lubang akses yang telah disediakan. Proses pengecoran kolom dari pipa tremie dipastikan memiliki titik jatuh sekitar 1- 1,5 m untuk menghindari terjadinya segregasi agregat yang akan mengurangi mutu beton.
- h. Pemerataan beton menggunakan vibrator, berfungsi untuk menjaga kerataan beton serta mengisi bagian yang kosong pada bekisting sehingga kolom tidak berongga dan keropos.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.17 Gambar *Slump Test* Kolom

6.6 Pekerjaan Dinding Geser (*shear wall*)

Dinding geser atau *shear wall* adalah dinding struktural berbahan beton bertulang massif yang dirancang untuk menahan geser dan gaya lateral akibat gempa. Dinding geser harus dirancang sedemikian rupa sehingga memiliki kekakuan memadai yang diperlukan untuk mengurangi simpangan antar lantai yang disebabkan oleh beban lateral seperti gempa. Dinding geser membentang pada seluruh jarak vertikal antar lantai mulai dari pondasi sampai ke bagian top bangunan. Kesalahan atau ketidakcermatan dalam penempatan posisi dinding geser dapat menimbulkan suatu kondisi dimana pusat massa dan pusat elemen penahan struktur tidak tepat pada satu lokasi yang sama, sehingga menimbulkan gaya puntir yang mengakibatkan gedung berotasi di sekeliling pusat elemen penahan, dan kondisi ini menyebabkan banyak gedung mengalami kerusakan baik secara struktural maupun nonstruktural. Dinding geser atau *shear wall* dapat dibangun pada sisi luar bangunan maupun sisi dalam bangunan, tanpa adanya batasan geometris dari dinding geser itu sendiri. Sistem dinding geser dibagi menjadi dua bagian, yaitu sistem terbuka dan sistem tertutup (Schueller, 1977). Dinding geser di sisi luar bangunan ataupun dalam bangunan dapat diposisikan secara simetris maupun tak simetris. Berdasarkan letak dan fungsinya, dinding geser dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

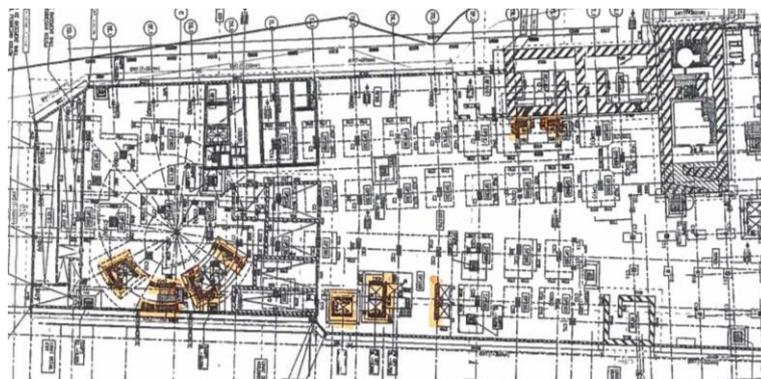
- a. *Bearing Walls* adalah dinding geser yang juga mendukung sebagian besar dari beban gravitasi
- b. *Frame Walls* adalah dinding geser yang menahan beban lateral, dimana beban gravitasi berasal dari frame beton bertulang
- c. *Core Walls* adalah dinding geser yang terletak di wilayah dalam gedung dan biasanya digunakan untuk transportasi vertikal.

6.6.1 Pekerjaan Persiapan *Shear Wall*

Pekerjaan persiapan *shear wall* meliputi beberapa tahap penting untuk memastikan *shear wall* dapat dipasang sesuai dengan gambar rencana. Berikut langkah-langkah persiapan *shear wall*:

a. Pembuatan Shop Drawing

Pembuatan *shop drawing* merupakan tahapan yang penting dalam proses konstruksi untuk memastikan *shear wall* dibuat sesuai dengan desain dan perhitungan yang telah di rencanakan. Pembuatan *shop drawing* dikerjakan oleh divisi *engineering* dari kontraktor pelaksana. *Shop drawing* digambar mengacu pada gambar *for construction* atau gambar kontrak yang telah dibuat oleh konsultan perencana. Gambar *shop drawing* meliputi detail dimensi kolom, detail penulangan (*rebar*) yang terdiri dari tulangan longitudinal (utama) dan tulangan transversal (senggang atau stirrup), detail cakupan beton, penjelasan sambungan (*splice*) dan overlap, notasi dan keterangan spesifikasi, potongan, denah penempatan kolom atau lokasi kolom, keterangan dan panduan pelaksanaan dan tanda verifikasi dan tanggal pembuatan.



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.18 Gambar Denah *Shear Wall*

b. Fabrikasi Besi Tulangan

Pekerjaan Fabrikasi besi *shear wall* adalah proses penyiapan dan perakitan besi tulangan yang akan digunakan untuk *shear wall* struktur. Proses persiapan besi tulangan dilakukan pada area fabrikasi yang meliputi pekerjaan pemotongan besi tulangan menggunakan alat *rebar cutter* dan pekerjaan untuk membengkokkan atau melengkungkan besi tulangan (*rebar*) sesuai dengan sudut dan bentuk yang dibutuhkan dalam konstruksi tekukan menggunakan *rebar bender*. Semua pekerjaan yang dilakukan pada area fabrikasi di ukur dan di bentuk sesuai gambar *shop drawing*.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.19 Gambar Alat Rebar Bender

6.6.2 Pekerjaan Pembesian Shear Wall

Pada pemasangan besi tulangan *shear wall*, dibutuhkan pemahaman terhadap gambar kerja untuk pemasang besi tulangan yang sesuai dengan rencana. Pemasangan pembesian dilakukan oleh *supervisor*, mandor, dan tenaga kerja sesuai dengan pembagian zona. Berikut tahapan pekerjaan pembesian *shear wall* :

- a. Persiapan gambar detail *shear wall* berdasarkan shop drawing yang telah di setujui oleh *Project Manager* dan *Owner*. Pada proyek pembangunan rumah sakit Eka Hospital BSD Tangerang menggunakan beberapa tipe *shear wall* yang terdiri dari SW1A, SW1B, SW2A, SW3A, SW4A, SW5A, SW5B, SW6A, SW6B, dan SW7A.
- b. Penyesuaian detail pembesian *shear wall* yang meliputi mutu besi tulangan, diameter besi tulangan, panjang hook, panjang besi tulangan, overlap dan jarak antar tulangan. Pembesian harus lurus dan rapi dan harus terikat utuh. Pada Proyek Rumah Sakit Eka Hospital BSD Tangerang, digunakan besi tulangan kolom dengan diameter D32, dan D29 untuk tulangan longitudinal atau tulangan utama, D16 untuk tulangan transversal atau tulangan sengkang, dan D13, D16 untuk tulangan ties.
- c. Pemasangan besi tulangan dilakukan dengan 2 cara. Cara pertama yaitu pemasangan *onsite*, staterbar *shear wall*, sengkang dan ties dipasang secara langsung di lapangan. Sedangkan cara yang kedua dilakukan pada area fabrikasi. Besi tulangan dikaitkan menggunakan kawat bendrat agar tidak mengalami pergeseran ketika pengecoran.
- d. Pemasangan sambungan *shear wall*, pembesian *pre-fabrikasi shear wall* di angkat dan dipindahkan menggunakan alat *Tower Crane*, kemudian di sambungkan ke *shear wall* yang sesuai dengan lokasi *shear wall* pada gambar.

- e. Pemasangan antar *overlapping* sambungan *shear wall* utama dengan starterbar *shear wall* menggunakan kawat bendrat dan diikat dengan tulangan stek perkuatan.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.20 Gambar Pembesian *Shear wall*

6.6.3 Pekerjaan Bekisting *Shear Wall*

- Pemasangan marking dan sepatu *Shear wall* pada sesuai marking yang telah di buat. Diameter besi yang digunakan untuk sepatu *shear wall* D10. Pekerjaan sepatu *shear wall* dilas pada tulangan utama dan di sambung pada plat besi yang di bor pada plat lantai. Pemasangan sepatu *shear wall* berfungsi untuk menjaga kualitas, presisi dan stabilitas *shear wall*.
- Pemasangan beton deking dengan ketebalan sesuai spesifikasi, pada proyek ini digunakan beton deking dengan ketebalan 5 cm. Beton deking dipasang pada tulangan *shear wall*. Berfungsi untuk menjaga jarak antara besi tulangan dan bekisting agar tercapai ketebalan lapisan pelindung beton yang di inginkan dan juga melindungi tulangan dari korosi serta memastikan kekuatan dan ketahanan struktur.
- Pembersihan lokasi *Shear wall*, dilakukan menggunakan alat *air compressor* untuk memastikan area di sekitar *shear wall* bersih dan siap untuk pengecoran. Penggunaan alat compressor udara membantu menghilangkan debu, kotoran, dan material lain yang dapat mempengaruhi kualitas beton.
- Pemasang bekisting *shear wall*, Ketebalan bekisting yang digunakan pada *shear wall* 18 cm. proses perakitan bekisting *shear wall* dilakukan pada area fabrikasi sesuai dengan kebutuhan yang ada di lapangan. Bekisting yang sudah di rakit di area fabrikasi di angkat menggunakan *tower crane* pada area *shear wall* yang akan dipasang bekisting. Bersihkan permukaan dalam bekisting dari debu, kotoran atau minyak yang dapat mempengaruhi kualitas permukaan beton. Sebelum menutup

kolom dengan bekisting pastikan bekisting dilumuri dengan minyak (*mould oil*) agar beton tidak menempel pada bekisting.

- e. Setelah bekisting terpasang, bekisting dikunci dengan sabuk pengunci. Pemasangan stek besi, berfungsi sebagai pengikat antara bekisting dan element struktur, memastikan stabilitas dan kekuatan saat pengecoran berlangsung. Pemasangan stek besi disesuaikan dengan kebutuhan struktur dan spesifikasi desain. Pastikan stek berada pada posisi yang tepat, sesuai dengan desain yang telah ditentukan, gunakan alat ukur untuk memastikan kedudukan.
- f. Pemasangan unting-unting berfungsi untuk menjaga ketegakan dan kelurusan pada bekisting.
- g. Cek *verticality* bekisting, adalah langkah penting dalam proses konstruksi untuk memastikan bahwa *shear wall* terpasang secara vertikal dan sesuai dengan spesifikasi desain. *Verticality* yang baik sangat penting untuk stabilitas dan kekuatan struktur. pengecekan *verticality* bekisting *shear wall* menggunakan alat waterpas.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.21 Gambar Pemasangan Bekisting *shear Wall*

6.6.4 Pekerjaan pengecoran *Shear Wall*

Pekerjaan pengecoran *shear wall* memiliki spesifikasi yang harus di laksanakan sesuai dengan Rencana Kerja dan Syarat- Syarat (RKS). Pada pengecoran *shear wall*, mutu beton yang digunakan $f'c$ 55 dan $f'c$ 40 Mpa dengan uji slump harus berdasarkan ASTM C 143, PBI-1971. Berikut tahap pekerjaan pengecoran shear wall :

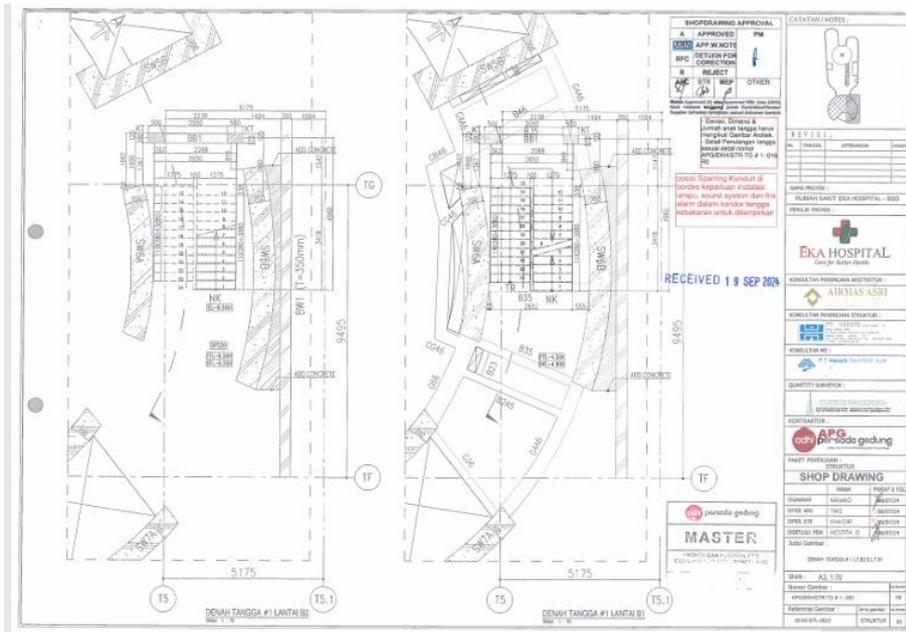
- a. Sebelum dilakukan pengecoran, *shear wall* yang akan di cor harus dilakukan pengecekan. Pengecekan yang dilakukan meliputi pengecekan tulangan dan pengecekan bekisting untuk memastikan semua element terpasang sesuai gambar rencana agar tidak membahayakan konstruksi serta menghindari kerusakan beton.

- b. Memastikan batas pengecoran, perencanaan pengecoran termaksud jadwal, volume beton yang diperlukan dan spesifikasi campuran beton.
- c. Persiapan peralatan pengecoran kolom berupa truck mixer, bucket cor, alat uji slump test, pipa tremie dan vibrator.
- d. Menyiapkan beton *ready mix* dan batching plant lalu menguji kekuatan beton dengan metode uji slump test. Nilai slump test yang harus dipenuhi sebesar 12 ± 2 cm.
- e. Beton yang telah melewati pengujian slump, jika beton tidak memenuhi spesifikasi maka beton akan dipulangkan sedangkan jika beton sudah memenuhi spesifikasi maka di lanjutkan untuk tahap selanjutnya.
- f. Beton yang lulus uji, di tuangkan kedalam bucket cor. Daya tampung bucket cor sebesar $0,8 \text{ m}^3$. Setelah bucket terisi penuh, di angkat menggunakan tower crane ke lokasi shear wall yang akan di cor.
- g. Penyaluran beton dari bucet disalurkan menggunakan pipa tremie yang dimasukkan ke dalam melalui lubang akses yang telah disediakan. Proses pengecoran kolom dari pipa tremie dipastikan memiliki titik jatuh sekitar 1-1,5 m untuk menghindari terjadinya segregasi agregat yang akan mengurangi mutu beton.
- h. Pemerataan beton menggunakan vibrator, berfungsi untuk menjaga kerataan beton serta mengisi bagian yang kosong pada bekisting sehingga *shear wall* tidak berongga dan keropos.

6.7 Pekerjaan Tangga

Tangga merupakan bagian penting dari struktur rangka gedung tinggi yang di rancang sebagai penghubung antara struktur bangunan lantai dasar dengan struktur bangunan tingkat atasnya. Tangga juga mempunyai fungsi sebagai jalan darurat, direncanakan dekat dengan pintu keluar, sebagaiantisipasi terhadap keruntuhan bangunan yang diakibatkan oleh bencana kebakaran, gempa dan lain-lain. Pekerjaan pengecoran tangga memiliki spesifikasi yang harus di laksanakan sesuai dengan Rencana Kerja dan Syarat- Syarat (RKS). Pada pengecoran tangga, mutu beton yang digunakan $f'c$ 25 Mpa dengan uji slump harus berdasarkan ASTM C 143, PBI-1971.

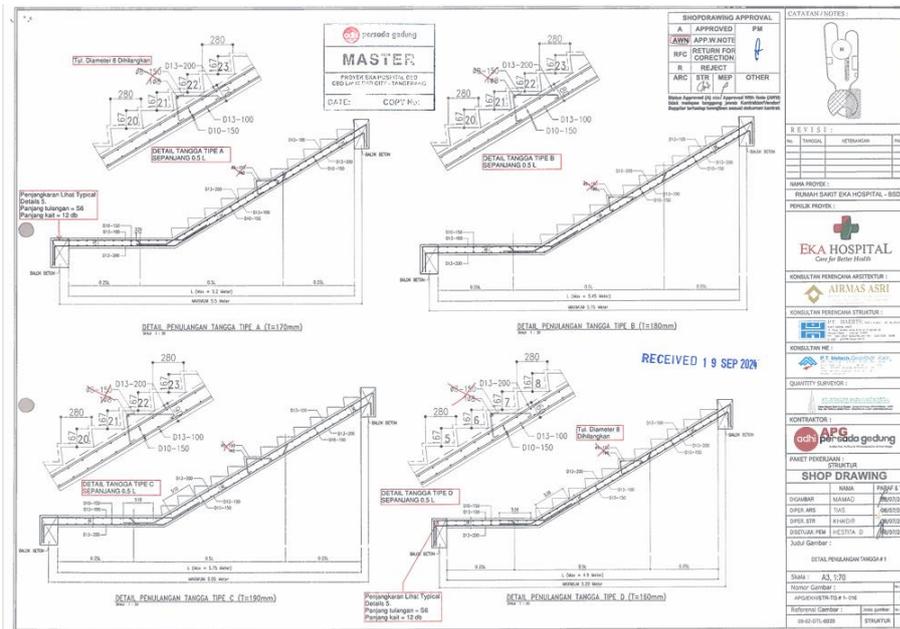
Denah lokasi Tangga 1 Proyek Pembagunan Rumah Sakit Eka Hospital – BSD Tangerang, bisa dilihat pada gambar 6.22.



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.22 Gambar Denah Tangga B2-B1

Detail Tangga 1 Proyek Pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital – BSD Tangerang, bisa dilihat pada gambar 6.23.



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.23 Gambar Detail Tangga B2-B1

6.8 Sistem Pembongkaran Bekisting

Pekerjaan pembongkaran bekisting memiliki spesifikasi yang harus di laksanakan sesuai dengan Rencana Kerja dan Syarat- Syarat (RKS). Pembongkaran bekisting harus mengikuti ketentuan yang tercantum dalam PBI 1971 NI-2 pasal 5.8. tetapi tidak boleh kurang dari : Sisi balok, dinding dan kolom (*unloaded*) 24 jam Pelat (*prop left in place*) 3 hari Sisi bawah balok (*prop left in place*) 7 hari Penyangga pelat antara balok 7 hari Penyangga balok 14 hari Penyangga kantilever 28 hari.

1. Pembongkaran bekisting struktur vertikal

Pekerjaan pembongkaran bekisting struktur vertikal memiliki berbagai ukuran sesuai dengan kolom, *shear wall*, dinding, dan *basement wall*. Tahapan pemasangan bekisting kolom, *shear wall*, dinding, dan *basement wall*. Dijelaskan sebagai berikut:

- a. Pembongkaran bekisting dilakukan dengan membongkar bagian-bagian dari bekisting menjadi dua bagian untuk memudahkan pelepasan bekisting dari permukaan beton. Pembongkaran bekisting kolom dan *shear wall* dilakukan jika umur beton sudah mencapai umur minimal 12 jam.
- b. Bekisting yang telah terlepas dari beton, diangkat menggunakan *tower crane* ke daerah yang aman agar bekisting dapat di gunakan kembali.
- c. Mengecek hasil pengecoran, jika ditemukan hasil yang kurang bagus maka dilakukan perbaikan sesuai dengan kerusakan yang terjadi. Adapun contoh kerusakan beton yang ditemui pada proyek ini yaitu beton *honeycombe*, beton keropos terlihat tulangan dan beton keropos tanpa terlihat tulangan.
- d. Setelah melewati proses pengecoran dan pembongkaran bekisting, tahap selanjutnya yaitu perawatan beton dengan metode *curing* menggunakan bahan kimia *curing compound* yang dilakukan dengan menyemprotkan cairan ke permukaan beton atau menggunakan kuas rol yg di oleskan pada permukaan beton.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.24 Gambar Pembongkaran Bekisting

2. Pembongkaran bekisting struktur horizontal

Pada Proyek Rumah Sakit Eka Hospital BSD Tangerang, bekisting dibongkar pada saat umur beton minimal mencapai umur 14 hari. Pada waktu ini dinilai beton sudah memiliki kekuatan yang cukup untuk menopang beban sendiri di atasnya. Adapun tahapan pembongkaran bekisting sebagai berikut :

- a. Melakukan pengenduran scaffolding dengan memutar ringlock u head jack.
- b. Dilanjutkan pembongkaran besi hollow alumina dan besi bodeman.
- c. Melepas bekisting plywood. Pada beberapa bagian seperti bekisting balok, bekisting plat antar balok dilepas pada saat umur beton mencapai hari ke-28 (*reshoring*).
- d. Setelah melewati proses pengecoran dan pembongkaran bekisting, tahap selanjutnya yaitu perawatan beton dengan metode curing dengan menggunakan karung goni untuk menjaga kelembapan beton agar proses hidrasi semen berjalan optimal dan menghasilkan kekuatan yang maksimal.

6.9 Metode Perawatan Beton

Segera sesudah pengecoran, beton harus dilindungi terhadap pengeringan awal, suhu yang terlampaui panas atau dingin dan kerusakan mekanis dan harus dijaga supaya mempunyai kehilangan air minimum pada suhu yang konstan selama masa yang diperlukan untuk proses hidrasi semen dan pengerasan beton. Bahan dan cara perawatan beton harus mendapat persetujuan Direksi Pengawas.

1. Perawatan beton struktur vertikal

Perawatan beton pada kolom dilakukan dengan metode curing menggunakan bahan kimia *curing compound*. Metode ini melibatkan pelapisan permukaan beton dengan bahan kimia khusus untuk mencegah penguapan air dari beton. *Curing compound* umumnya berbentuk cairan dan membentuk lapisan tipis di permukaan beton untuk menjaga kelembapan.

- a. Persiapan permukaan kolom, pastikan permukaan kolom sudah mengeras dan tidak ada genangan air di permukaannya.
- b. Pengaplikasian *curing compound* di gunakan dengan sprayer, roller atau kuas untuk melapisi seluruh permukaan kolom beton.
- c. Durasi *curing compound* umumnya efektif selama 14-28 hari.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.25 Gambar *Curing Compound*

2. Perawatan beton struktur Horizontal

Perawatan curing beton plat lantai dilakukan menggunakan karung goni. Metode *curing* dengan karung goni ini efektif karena mudah dilakukan, murah, dan membantu mengurangi retakan akibat pengeringan yang terlalu cepat. Berikut langkah-langkah curing beton menggunakan karung goni.

- a. Setelah beton mulai megeras, tutup permukaan beton dengan karung goni yang telah diberi air. Tujuannya adalah menjaga karung goni tetap lembap sehingga permukaan beton di bawahnya juga tetap lembap. Pastikan semua area beton tertutup dengan baik agar tidak ada bagian yang terkena langsung sinar matahari.
- b. Penyiraman berkala, pastikan karung goni selalu basah selama proses curing. Siram karung goni setiap beberapa jam, terutama jika cuaca panas atau berangin, karena air pada karung bisa cepat menguap.

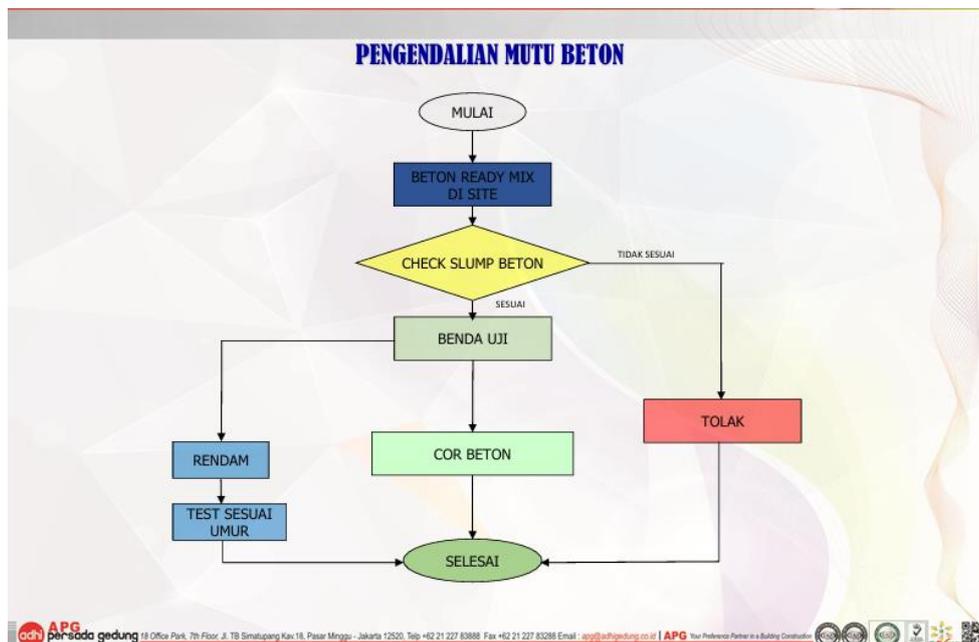
c. Durasi *curing* di lakukan selama 14-28 hari.



(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Gambar 6.26 Gambar *Curing* Plat Lantai

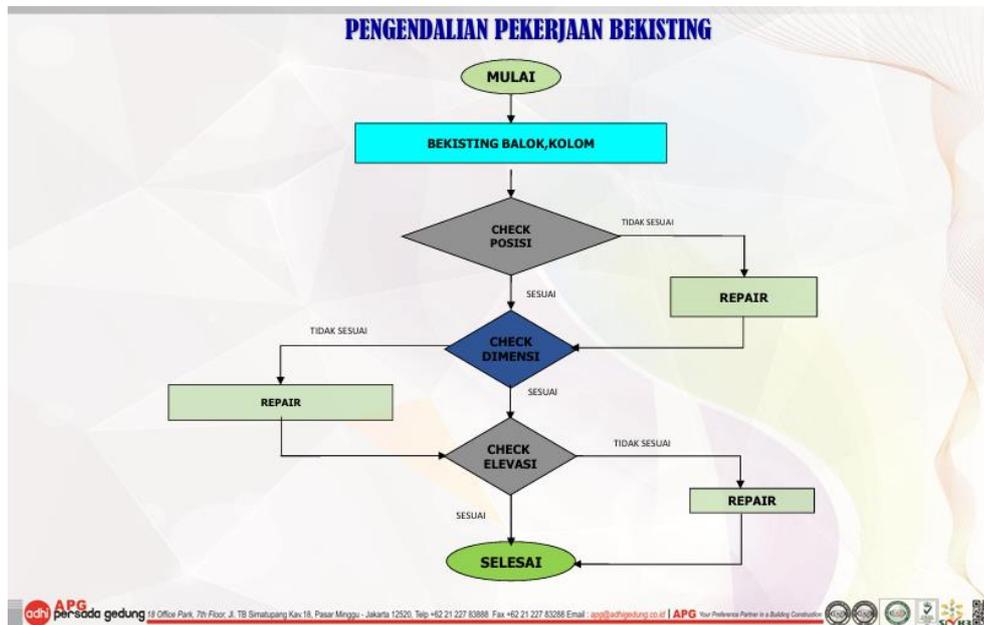
Flowchart Pengendalian Mutu Beton pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital – BSD Tangerang dapat ditunjukkan pada gambar 6.27.



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.26 *Flowchart* Pengendalian Mutu Beton

Flowchart Pengendalian Pekerjaan Bekisting pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital – BSD Tangerang dapat ditunjukkan pada gambar 6.28 berikut :



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.28 Flowchart Pengendalian Pekerjaan Bekisting

Flowchart Pekerjaan Pembesian pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Eka Hospital – BSD Tangerang dapat ditunjukkan pada gambar 6.29 berikut :



(Sumber : Dokumen Proyek)

Gambar 6.29 Flowchart Pengendalian Pekerjaan Pembesian